

MikaTähti

Alumiinisen palkin kokoonpanon suunnittelu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2011

## ALUMIINISEN PALKIN KOKOONPANON SUUNNITTELU

Tähti, Mika  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2011  
Ohjaaja: Nurmi, Lassi  
Sivumäärä: 42  
Liitteitä: 0

Asiasanat: niittaus, portaalirobotti, johde, kokoonpano

---

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli laatia ohjeet sarjatuotantoon tulevan portaalirobotin y-johteen kokoonpanolle. Tarkasteltiin myös asemointityökaluja, niiden kustannuksia sekä vertailtiin työstöaikaa ja kustannuksia käsin ja koneellisesti työstettäessä.

Kokoonpanossa tärkeintä on asemoida kokoonpanon osat niin, että palkki tulee olemaan suora x-, y- sekä z-suunnassa. Nämä asiat pyrittiin ottamaan huomioon eri jigivaihtoehtoja suunniteltaessa. Jigeistä pyrittiin tekemään sellaiset, että asennus tapahtuu aina samalla tavalla, eikä asennettavia osia olisi mahdollista asemoida väärin. Eniten aikaa tässä työssä käytettiin nimenomaan jigien ideointiin.

Tässä työssä periaatekuvat piirrettiin käyttäen Pro/E Wildfire 4 3D CAD ohjelmaa.

# PLANNING THE ASSEMBLY OF ALUMINIUM GUIDE BEAM

Tähti, Mika

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Machine- and Production Engineering

April 2011

Supervisor: Nurmi, Lassi

Number of pages: 42

Appendices: 0

Keywords: rivet, gantry robot, guide beam, assembly

---

The purpose of this thesis was to create plan how to assemble y-axis guide beam for gantry robot. Consideration was also given to jigs, their costs and machining time and costs concerning manual and mechanical machining. The most important part of the assembly is to place parts so that the guide beam will be direct in x-, y- and z-direction. These things were considered when planning different jig options. The aim was to make jigs such that the installation takes place always in the same way, and it would not be possible to install components positioned incorrectly. Most of the time in this thesis was used to jig ideas. Pictures were drawn using Pro / E Wildfire 4 3D CAD software.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	NIITTILIITOS.....	8
2.1	Niittiliitoksen periaatteet.....	8
2.2	Niittiliitoksen lujuustarkastelu .....	9
3	VAATIMUKSET .....	9
3.1	Jänneväli .....	9
3.2	Johteen suoruus.....	10
3.3	Johteen kiertymä .....	10
4	KOKOONPANON OSAT .....	10
5	ESIVALMISTELUT .....	12
5.1	Jigit, vaihtoehdot.....	13
5.1.1	Palkin jigi, vaihtoehto 1 (kuva 8) .....	13
5.1.2	Palkin jigi, vaihtoehto 2 (kuva 11) .....	15
5.1.3	Palkin jigi, vaihtoehto 3 (kuva 12) .....	16
5.1.4	Palkin jigi, vaihtoehto 4 (kuva 13) .....	17
5.1.5	Palkin jigi, vaihtoehto 5 (kuva 14) .....	18
5.1.6	Palkin jigi, vaihtoehto 6 (kuva 17) .....	20
5.1.7	Palkin jigi, vaihtoehto 7 (kuva 24) .....	23
5.1.8	Laipion jigi, vaihtoehto 1 (kuva 26,27).....	24
5.1.9	Laipion jigi, vaihtoehto 2 (kuva 28).....	26
5.2	Kiinnittimet, vaihtoehdot .....	26
5.2.1	Kiinnitin, vaihtoehto 1 (kuva 29) .....	26
5.2.2	Kiinnitin, vaihtoehto 2 (kuvat 30, 31) .....	28
5.3	Puristin .....	29
5.4	Nostimet, vaihtoehdot .....	29
5.4.1	Päätylevy .....	29
5.4.2	Nostoliina .....	29
5.4.3	Nostotyökalu .....	29
5.5	“Lusikka” .....	30
6	KOKOONPANO.....	31
6.1	Alikokoonpanot .....	31
6.1.1	Pohjan ja kannen alikokoonpano.....	31
6.1.2	Laipion alikokoonpano.....	33
6.2	Palkin kokoonpano .....	34
7	TYÖAIKA JA KUSTANNUKSET .....	37
7.1	Työaika .....	37

7.1.1 Käsini porattaessa.....	37
7.1.2 Koneellisesti porattaessa .....	37
7.1.3 Käsini niitattaessa.....	38
7.1.4 Koneellisesti avustetusti niitattaessa .....	38
7.1.5 Yhteenveto työajoista.....	38
7.2 Apuvälineiden ja työn aiheuttamat välittömät kustannukset .....	38
7.2.1 Palkinjit .....	39
7.2.2 Yksinkertainen versio.....	39
7.2.3 Pneumaattisesti avustettu .....	39
7.2.4 Puristimet, kaupallisetversiot .....	39
7.2.5 Puristimet, itsevalmistetut .....	39
7.2.6 Laipionkiinnitin.....	40
7.2.7 Lusikka .....	40
7.2.8 Työaika.....	40
8 TYÖN TULOKSET JA JATKOTOIMENPITEET .....	41
LÄHTEET.....	42

## 1 JOHDANTO

”Portaalirobotti on robotti, jonka kolme ensimmäistä vapausastetta (X, Y ja Z) ovat lineaarisia. Portaalirobotin eduiksi luetaan yksinkertainen, vankka ja luotettava rakenne, jolloin siirrettävä massasekä liike-etäisyys voivat olla erittäin suuria, tarkan paikoituksen helppous ja ohjelmoinnin yksinkertaisuus, koska karteellinen koordinaatisto on helpompi ymmärtää kuin nivelten kiertymäkulmien kauttamuodostuva koordinaatisto. Siksi portaalirobotti soveltuu erinomaisesti lattialle varastoitavien, pinoutuvien tuotteiden käsittelyyn.”/1/

Tässä opinnäytetyössä keskitytään portaalirobotin Y-johteen valmistukseen ja kokoonpanoon. Kokoonpanossa on valmistusvaiheessa hyvin tärkeää huomioida johteen ohjaava pinta. Portaalirobotti käsittelee tarvittaessa korkeitakin pinoja. Siksi pystyliikkeen (Z-liike) on oltava ehdottoman pystysuora Y-johteen eri kohdissa. Esimerkiksi elintarviketeollisuudessa erilaisten laatikoiden tai rengasteollisuudessa rengaspinojen käsittely edellyttää pystysuoraa liikettä ja suoria pintoja.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on sarjatuotantoon tulevan Y-johteen kokoonpanon suorituksen suunnittelu ja kokoonpanoon kuluvan ajan minimoiminen.



**Kuva 1. Alumiininen portaalirobotin Y-johde on keveämpi kuin teräksinen edeltäjänsä. Keveyden toivotaan tuovan robottiin lisää nopeutta ja vähentävän energian tarvetta. Vaikka alumiininen Y-johde on kalliimpi, sen säästöt paljastunevat niin sanotusti pitkällä juoksulla. Tästä kuvasta nähdään kokonaisuus. Tässä opinnäytetyössä kuitenkin keskitytään vain alumiiniseen siltarakenteeseen eli palkkiin.**

## 2 NIITTILIITOS

### 2.1 Niittiliitoksen periaatteet

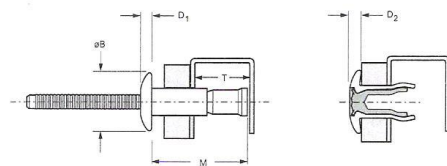
”Niittaus on menetelmä, joka liittää yhteen kaksi tai useampia kappaleita. Niitti lävistää kappaleet ja niitin muotoa muutetaan niin, että kappaleet eivät pääse irtomaan toisistaan.





Vetoniitti, eli ns. *popniitti*, sallii rakenteiden liittämisen ilman, että niitin vastapuolelle täytyisi päästä. Vetoniittejä käytetään ilmastointi-, pellitys- ja rakennetöissä. Niittejä on saatavilla useaa eri halkaisijaa ja pituutta sekä alumiinisina että ruostumattomasta teräksestä. Eri kokoisilla niiteillä on myös yleensä eri kokoiset vetotangot, joita varten niittipihdeissä toimitetaan useita, vaihdettavia suulakkeita. Vetoniitti voidaan irrottaa suhteellisen siististi poraamalla sen kantaan samankokoisella terällä, jolla niitin alkuperäinen reikä on porattu.

Alumiinisten rakenteiden hitsaus on vaikeaa, ja niittaus alumiininiitillä on edelleen vartenotettava vaihtoehto jopa kantaville rakenteille.” /2/

Käytetyssä niitissä valintaan vaikutti vetovarren jääminen niittiin katkettuaan lisäämään niitin leikkauslujuutta. Kokoonpanossa liitokset ovat uraliitoksia, joissa on käytetty vetoniittiä varmistamaan liitoksen kestävyys.





Ø					M	Ø B	D <sub>1</sub>	T	D <sub>2</sub>			Part No/ref
nom.	min.	max.	min.	max.	max.	max.	max.	min.	max.	kN <sup>1)</sup>	kN <sup>1)</sup>	
4.8 (3/16")	1.63	6.86	4.9	5.1	18.4	10.1	2.1	10.5	1.9	3.0	2.2	02774-00613
	1.63	11.10			24.1			13.0				02774-00617
6.4 (1/4")	2.03	9.53	6.6	7.0	24.6	13.4	2.9	13.0	2.7	6.0	4.2	02774-00817
	2.03	15.87			34.7			18.1				02774-00824

all dimensions in mm / en millimètres / alle Maße in mm / in millimetri / en milímetros

1) typical values / valeurs moyennes / typische Werte / Valori tipici / resistencias máximas recomendadas

## Kuva 2. Vetoniitti ( kuva niitin valmistajan esitteestä)

### 2.2 Niittiliitoksen lujuustarkastelu

Olemassa olevaan konstruktion on jo tehty tarpeelliset lujuuslaskelmat. Lujuuslaskelmat suoritti Etteplan Oyj Raisiosta. Niittiliitoksissa voidaan käyttää lujuuden laskemiseksi samoja laskukaavoja kuin ruuviliitoksissakin.

## 3 VAATIMUKSET

Vaatimuksista on tähän koottu vain ne, jotka liittyvät kokoonpanoon.

### 3.1 Jänneväli

Jänneväli L=14250mm (varsinaisen palkin max. pituus 13800mm).

Tämä vaikuttaa jigien määrään ja tilan tarpeeseen kokoonpanovaiheessa. Palkin pituus määräytyy asiakaskohtaisesti.

### 3.2 Johteen suoruus

Johteen suoruuden poikkeama x- ja z-suunnissa  $<3\text{mm}$ .

Näillä on oleellinen merkitys siihen, miten pystysuoran liikkeen tarttuja tekee (pinojen suoruus).

### 3.3 Johteen kiertymä

Johteen kiertymä (propelimaisuus) kuormittamattomana  $<0,002\text{ rad}$ .

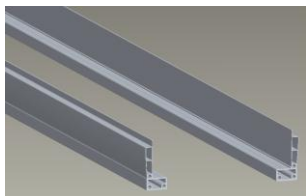
Myös tämä vaikuttaa pinojen suoruuteen, lisäksi myös rivien suoruuteen.

Kokoonpanovaiheessa tämä on huomioitava asetettaessa profiileita jigiin.

## 4 KOKOONPANON OSAT

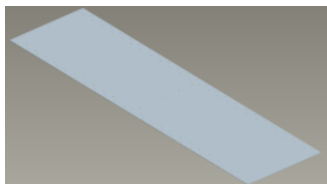
Seuraavaksi on lueteltu kokoonpanoon tulevat osat paremman kokonaiskuvan saamiseksi tekstin edetessä.

#### 1. Pursotettu alumiininen kulmaprofiili



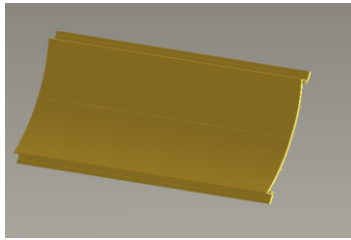
**Kuva 3. Kulmaprofiilit**

#### 2. Laserleikattu levy



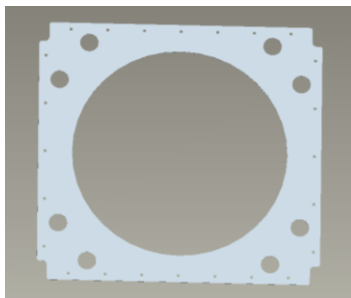
**Kuva 4. Laserleikattu levy**

### 3. Sivulevy



**Kuva 5. Sivulevy**

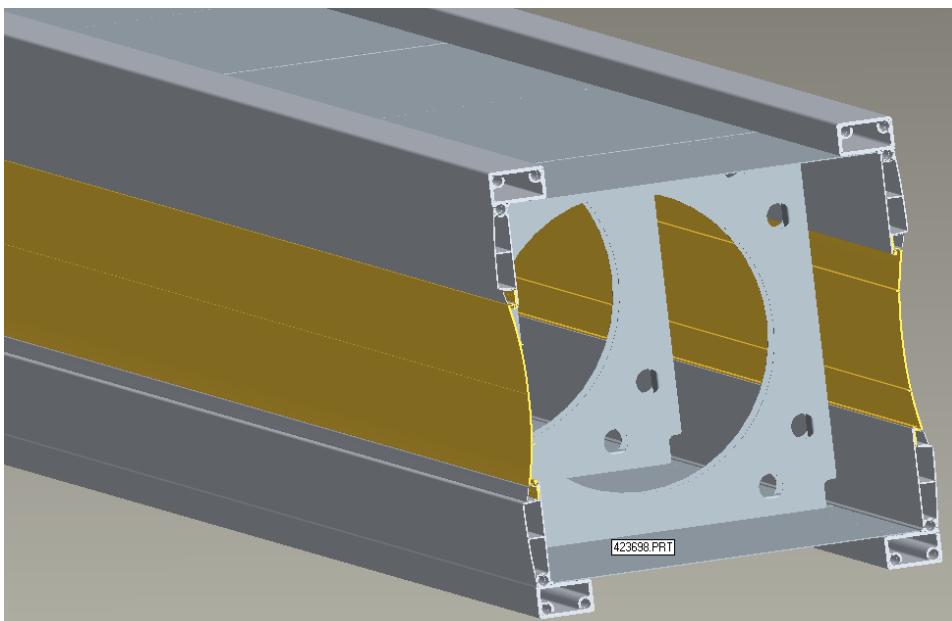
### 4. Laipion sivulevy



**Kuva 6. Laipion sivulevy**

### 5. U-profiili (ei kuvaa)

Kulmaprofiileista ja levyistä kootaan pohjan ja kannen alikokoonpano. Laipion sivulevystä ja U-profiilista kootaan laipion alikokoonpano. Palkki kokoonpannaan järjestyksessä: pohja, laipiot, sivulevyt ja kansi.



**Kuva 7. Palkki koottuna**

## 5 ESIVALMISTELUT

Jigi on puhekielinen ilmaisu tuotannon apuvälineelle, jolla voidaan pitää työstettävä / koottava rakenne halutussa asennossa työskentelyn ajan (asemointityökalu). Tähän kokoonpanoon tarvitaan useita jigejä palkin pohjan ja kannen kokoamiseksi, koko palkin kokoamiseksi, sekä laipioiden kokoamiseksi.

Palkit voidaan kokoonpanna erilaisilla jigeillä. Seuraavassa on esitelty muutamia vaihtoehtoja sekä asioita, jotka on otettava huomioon jigejä valmistettaessa. Yhtenä vaihtoehtona houkutteli pyöritettävä jigi, jossa palkki olisi ollut kiinni vain päistään, mutta sen toteutus osoittautui mahdottomaksi, koska palkki tarvitsee keskelle tuekseen jigejä esijännityksenkin vuoksi. Pyöritettävässä versiossa pitää muiden kuin päätyjigien olla korkeudeltaan säädettävissä, jotta palkilla olisi tilaa pyörähtää. Siksi pyöritettävän version tarkastelu jäi vähäiseksi.

Pohja ja kansi ovat identtisiä, joten ne voidaan koota samoilla jigeillä. Olennaista näissä jigeissä on, että pinnat, jotka ovat profiileita vasten, pitää koneistaa ja niiden pitää olla kohtisuorassa toisiinsa nähden. On myöskin tärkeää, että pinnat, jotka tulevat kosketuksiin kappaleen kanssa, on päällystetty muovilla tai vastaavalla pehmeämmällä aineella, ettei alumiiniseen kappaleeseen tule jälkiä ja kolhuja. Koottavien kappaleiden ohjaavien pintojen kohtisuoruus ja kokoonpanon eri osien päiden tasaaminen keskenään on saatava aikaan näillä jigeillä.

Jigien runko on pääasiassa rakennettu 20 mm paksusta teräslevystä, jonka päälle on hitsattu 120 x 120 mm:n kokoiset neliöputket. Kulmaprofiileja varten on muovi palat muotoiltu mahdollisimman hyvin profiilin muotoon sopiviksi. Kokonaisuus rakentuu useammasta tuotantotilan lattiaan ankkuroitavasta yksittäisestä jigistä. Jigien on oltava säädettävissä niin, että lattian pinnan muodoilla ei ole merkitystä. Jigit asetetaan suoraan linjaan keskenään ja säädetään samaan korkeuteen vaa'ituslaitteella tai laserilla.

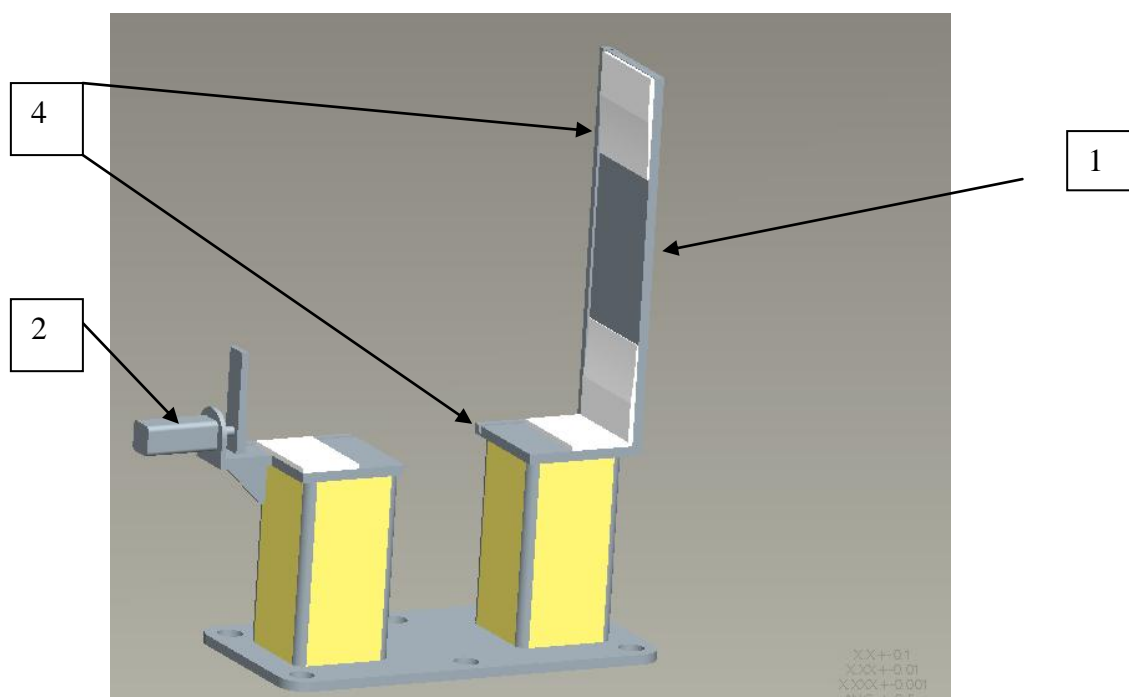
Jigejä tulee laittaa keskeltä palkkia päätyjä kohden noin 2480mm:n välein. Palkin kokoonpano voidaan suorittaa samoilla jigeillä kuin pohja ja kansikin. Mahdollisesti tarvittavaa esijännitystä varten muiden kuin päädyissä olevien jigien korkeutta muutetaan niin, että palkki taipuu kaarelle. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä

silmillä havaittavissa, koska tarvittava kaarevuus on korkeintaan vain muutama millimetri. Palkin pituudesta ja esijännityksen suuruuden tarpeesta riippuen, jigien korkeudet lasketaan etukäteen, jotta saadaan aikaan tarvittava ja oikeanlainen kaarevuus.

## 5.1 Jigit, vaihtoehdot

### 5.1.1 Palkin jigi, vaihtoehto 1 (kuva 8)

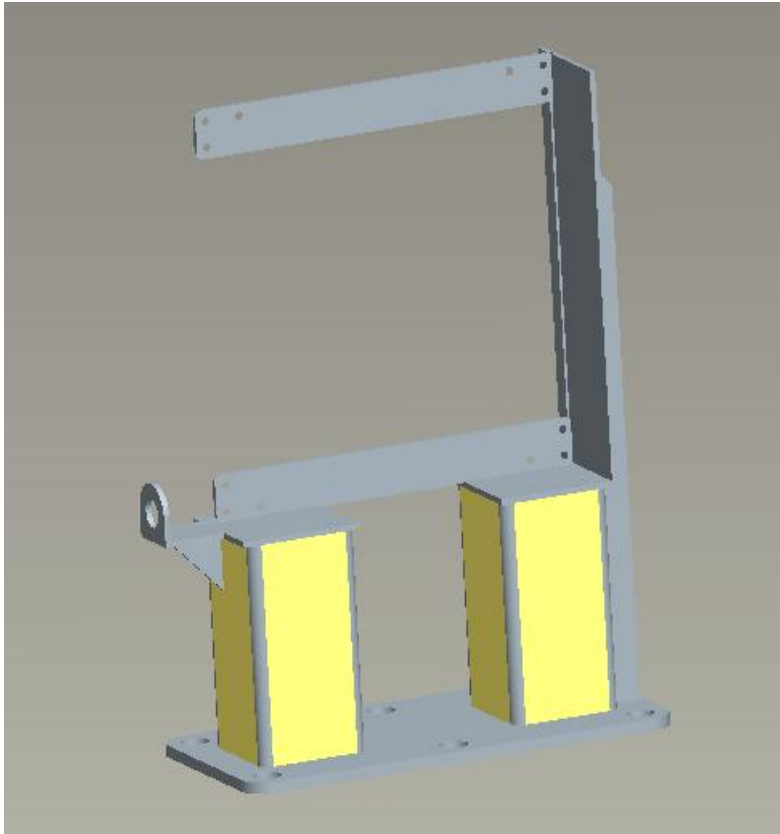
Tässä jigissä on ajateltu levyn (1) olevan kiinteä, jota vasten puristetaan paineilmasylinterillä (2) pohjan ja kannen kokoonpanoissa kappaleet. Levy (1) on tässä kokoonpanon vaiheessa tarpeettoman pitkä, mutta näin mahdollistetaan saman jigien käyttö koko palkin kokoonpanossa. Jotta osien päät saadaan samalle tasalle, pitää jigiin lisätä irtonainen päätylevy (3), joka asettuu jigissä olevaan uraan (4). Päätylevy kiinnitetään ruuveilla kokoonpanon kulmaprofiileihin riittävän väljästi, jotta osien puristaminen on kuitenkin mahdollista. Päätylevyyn on ajateltu keskellä olevaan reikään tehtävän laakerointi akselille, jonka toiseen päähän tehdään lenkki hallinosturin koukkua varten.





### 5.1.2 Palkin jigi, vaihtoehto 2 (kuva 11)

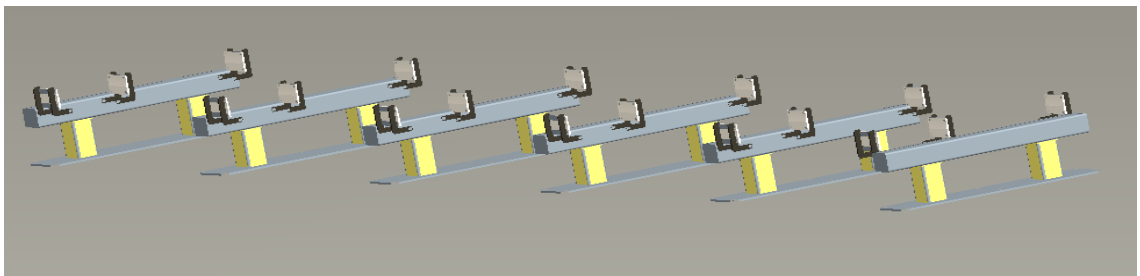
Tämä jigi on ratkaisultaan muuten samanlainen kuin jigi 1, mutta päätylevy on korvattu kahdella erillisellä pienemmällä kulmaprofiilin päätyyn ruuveilla kiinnitettävällä levyllä.



**Kuva 11. Jigi 2**

### 5.1.3 Palkin jigi, vaihtoehto 3 (kuva 12)

Tässä jigissä ideana on lisätä mahdollisuus siirtää kokoonpantu kansi taaemmas jigillä odottamaan palkin kokoonpanon viimeistä vaihetta. Asemoinnin on ajateltu tapahtuvan mekaanisesti. Kääntyvät tuet ovat käännettävissä yhden pitkän palkin suuntaisen akselin ympäri. Akseleitten pituus tekee tästä versiosta liian epätarkan.

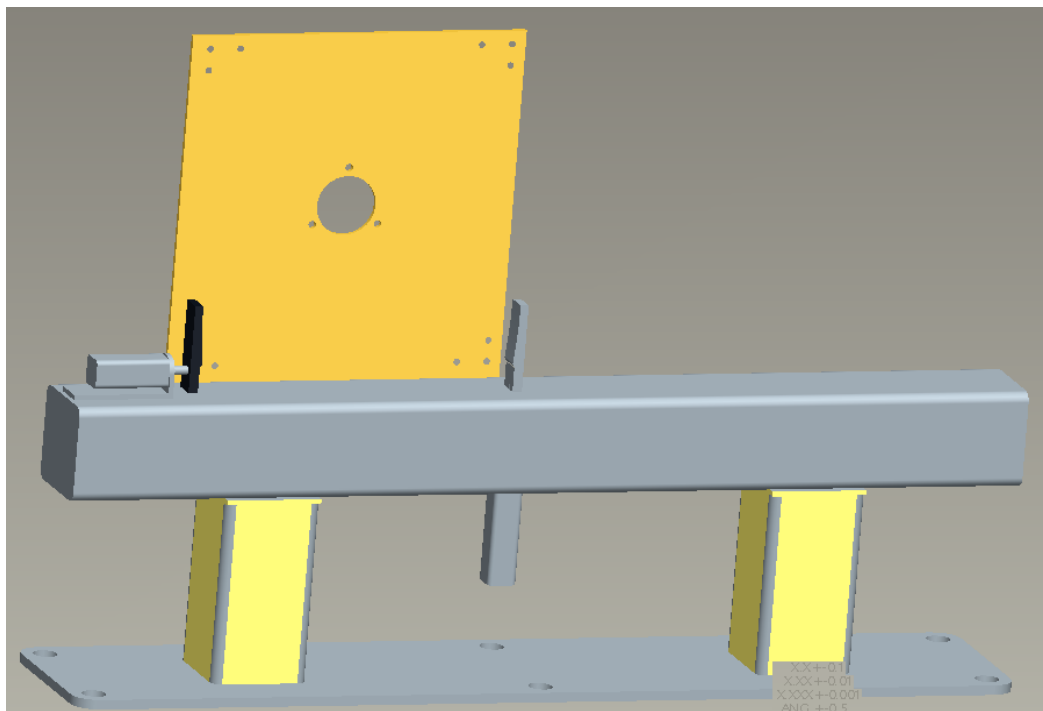


**Kuva 12. Jigi 3**



#### 5.1.4 Palkin jigi, vaihtoehto 4 (kuva 13)

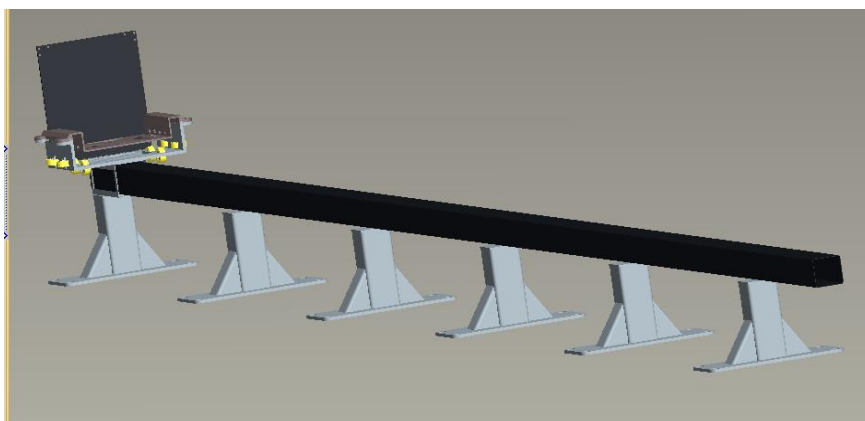
Tämä jigi on edellisen kehitysversio. Tähän versioon on ajateltu 2 pneumaattista sylinteriä, yksi puristukseen ja yksi puristuksen vastakappaleeseen. Vastakappale nostetaan pneumaattisesti eteen ennen puristusta, ja lasketaan pois edestä, kun kokoonpano on valmis siirrettäväksi jigillä taaemmas odottamaan kokoonpanon viimeistä vaihetta. Kun tätäkin ajatusta pohdittiin pidemmälle, tultiin siihen tulokseen että kannen alikokoonpanon siirtäminen samalla jigillä taaemmas on turhaa. Tilan tarve kasvaa ja työstäminen toiselta puolelta vaikeutuu.



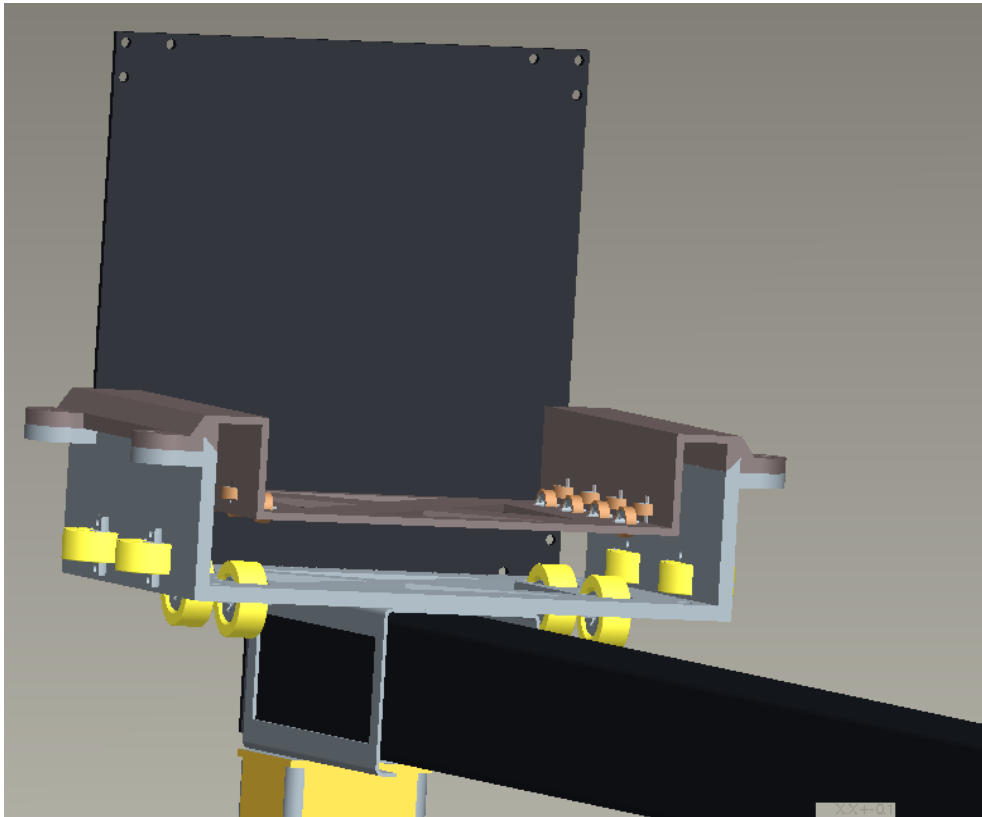
**Kuva 13. Jigi 4**

#### 5.1.5 Palkin jigi, vaihtoehto 5 (kuva 14)

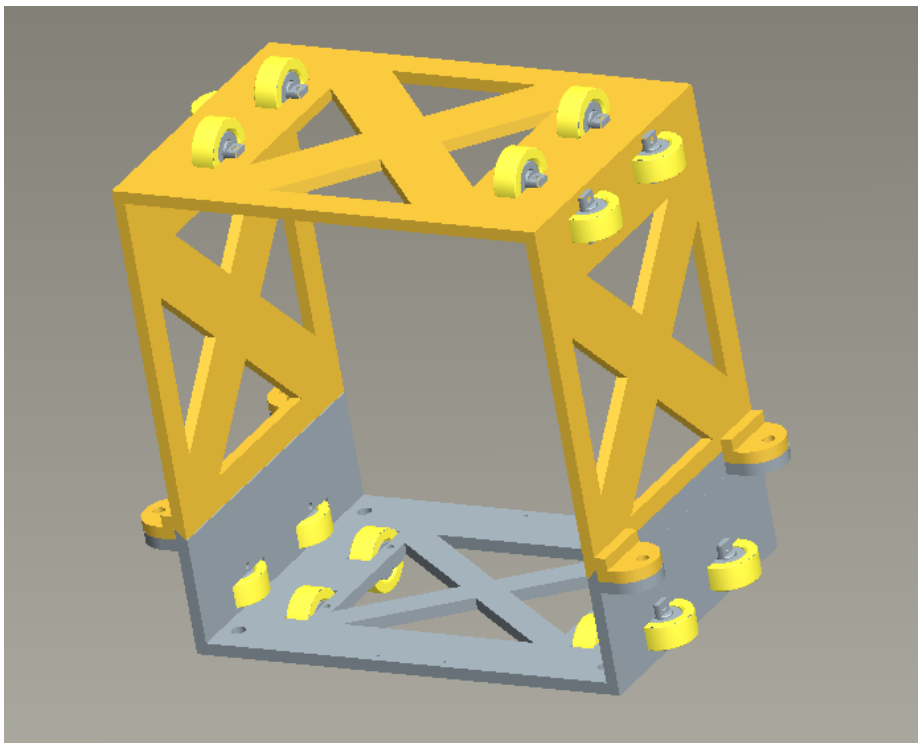
Tätä jigiä on ajateltu liikuteltavan 200x200 mm:n poikkipintaisella johteella. Johteeseen asennettavaan kelkkaan kiinnitetään jigin pohja, jossa on kovat polyuretaanipyörät tarkalleen oikealla etäisyydellä toisistaan, jolloin pyörät ohjaavat kokoonpanon eri osat oikeille paikoilleen kun jigiä liikutetaan. Jigin yläosassa (kuva 14) on myös pyörät ja se on irroitettavissa ja vaihdettavissa isompaan koko palkin kokoonpanoa varten (kuva 15). Tämä jigi mahdollistaa työstön avustuksen. Jigiin voidaan asentaa työstölaitteet (pora, niittaustyökalu), tai työstöä helpottava asemointityökalu. Jigin päätylevy tasaa kokoonpanon eri osat. Se on kiinteästi kiinni johteessa. Koska kulmaprofiilit ovat pitkiä, on johteelle ajateltu laitettavan jigin pohjaosia kaksi lisää tukemaan pitkiä osia. Nämä jigit pitää lopulta poistaa varsinaisen jigin edestä.



**Kuva 14. Jigi 5**



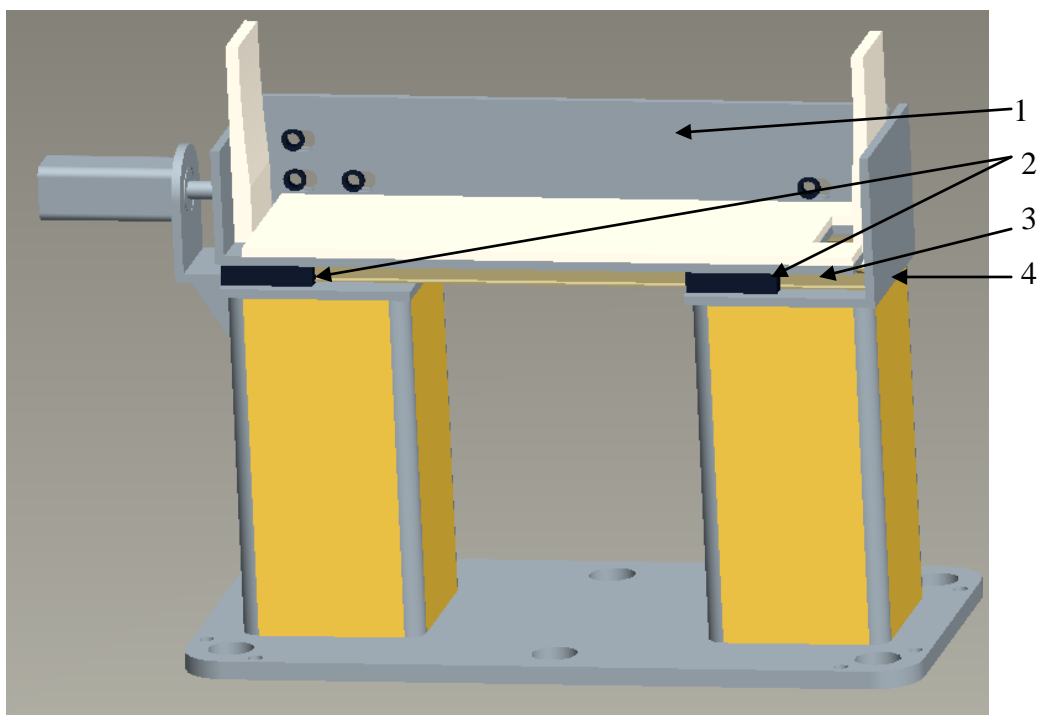
**Kuva 15. Jigi 5, pohjan ja kannen kokoonpano**



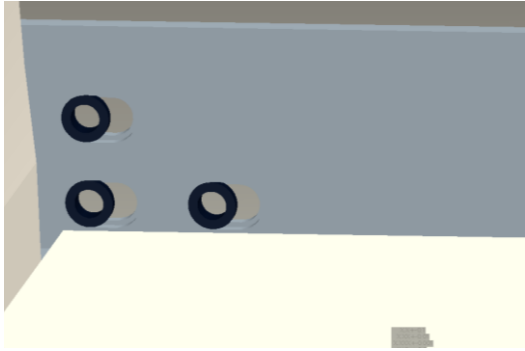
**Kuva 16. Jigi 5, palkin kokoonpano**

### 5.1.6 Palkin jigi, vaihtoehto 6 (kuva 17)

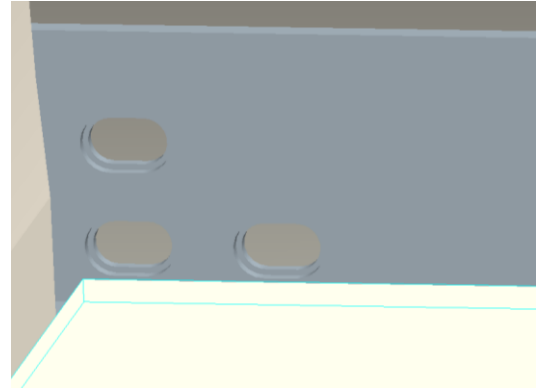
Tässä jigissä on ajateltu päätylevyn, vasemman sivun ja pohjan olevan yhtenäinen osa (1). Osa on kiinnitetty kuulakelkkaan (2), joka on kuulajohteella (3), joka vuorostaan on kiinnitetty jigisiin. Kun puristetaan pneumaattisesti, kokoonpanon osat puristuvat jigien oikeaa sivulevyä (4) vasten. Osien tasaamiseksi päätylevyssä on holkit ja pitkät reiät, jotta puristaminen on vielä mahdollista. Kulmaprofiilissa on vapaareikä, joka on 25mm syvä. Kun otetaan huomioon vapaareiän syvyys, päätylevyn paksuus ja mahdollisesti käytettävän aluslevyn paksuus, kulmaprofiili kiinnitetään sellaisilla ruuveilla, joissa on tarkasti tämän verran pituutta ilman kierrettä (vajaa kierteinen). Holkki on järkevää laittaa mihin tahansa versioon päätylevystä.



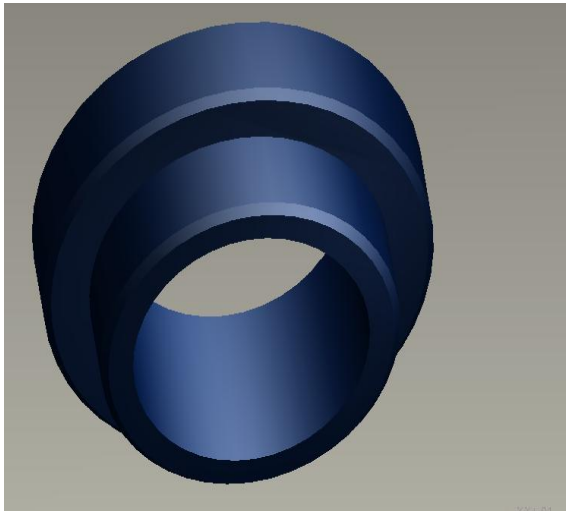
**Kuva 17. Jigi 6**



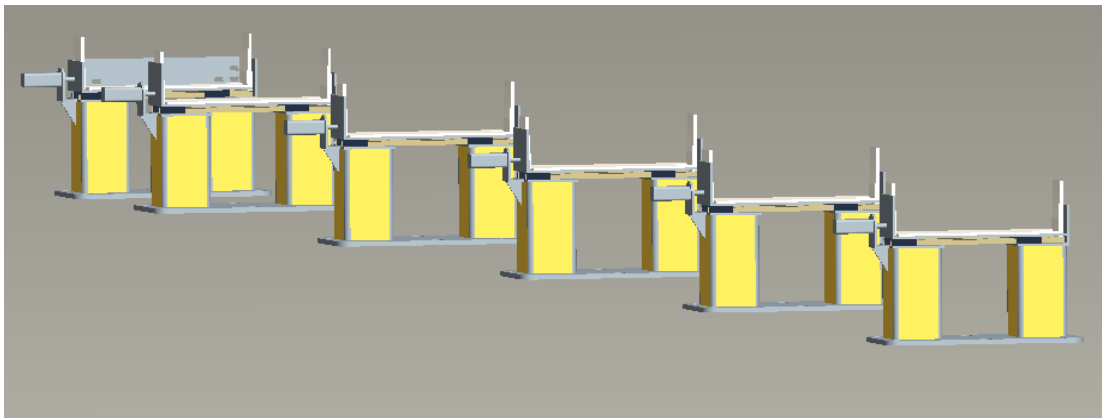
**Kuva 18. Jigi 6, päätylevy holkkeineen**



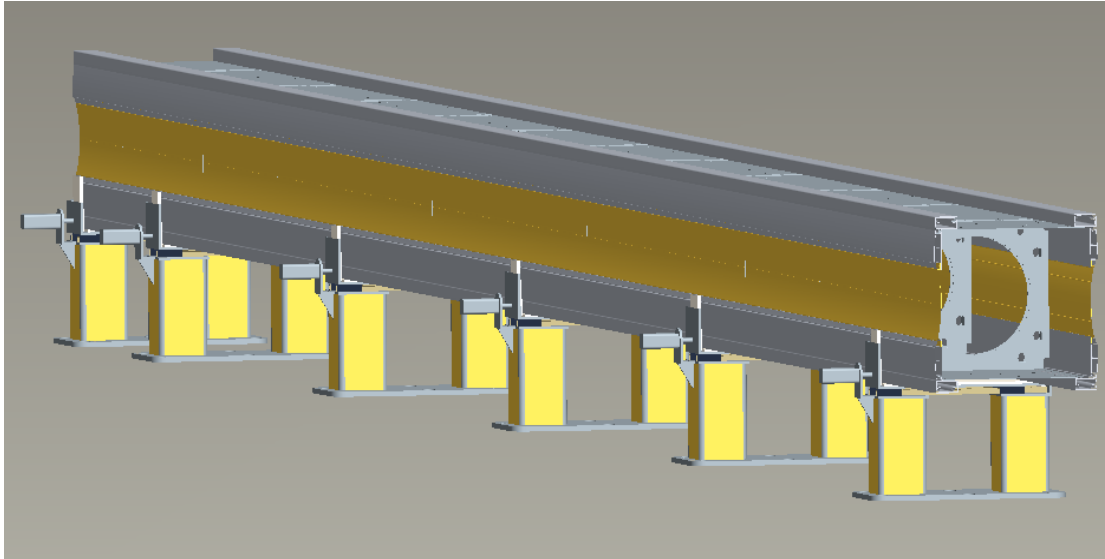
**Kuva19. Jigi 6, päätylevyn pitkät reiät**



**Kuva 20. Holkki päätylevyyn**



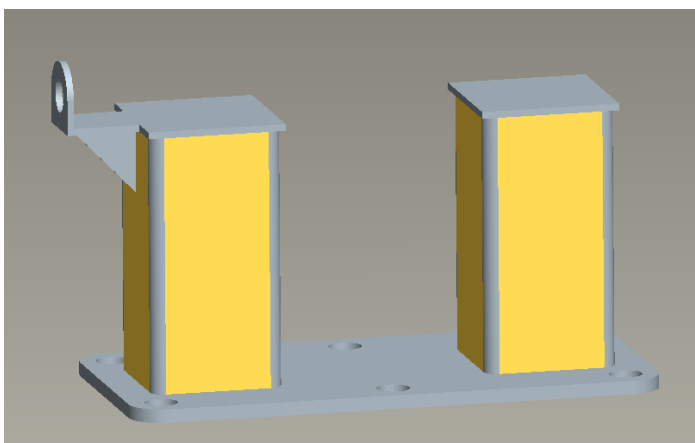
**Kuva 21. Jigi 6 kokonaistoteutuksena**



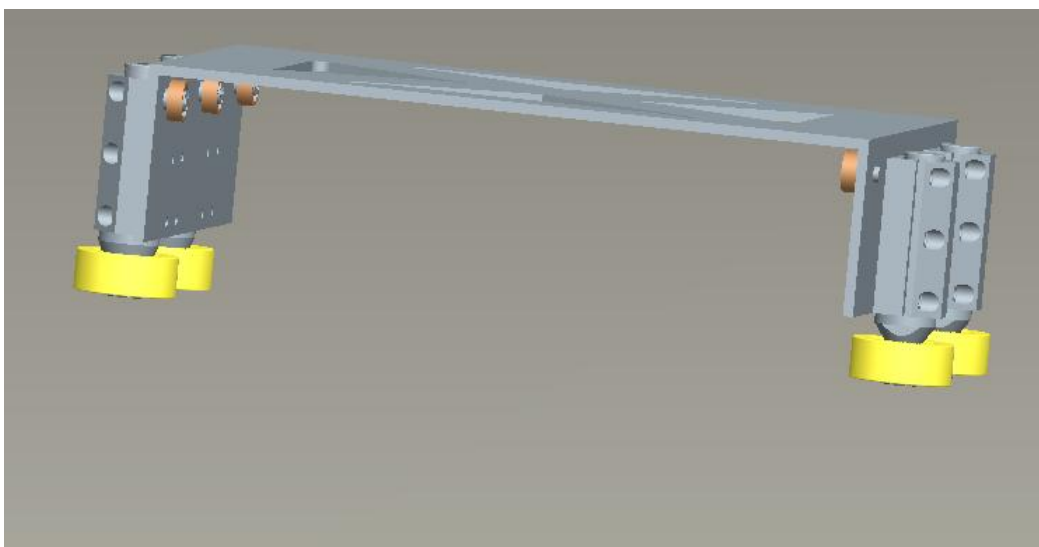
**Kuva 22. Jigi 6 kokoonpantavan palkin kanssa**

### 5.1.7 Palkin jigi, vaihtoehto 7 (kuva 24)

Tätä jigiä on ajateltu käytettävän yhdessä modifioidun perusjigin (kuva 23) kanssa. Ensimmäiseen perusjigiin kiinnitetään päätylevy, johon kiinnitetään kulmaprofiilit. Pienempien polyuretaanirenkaiden on ajateltu kannattavan jigiä, tai oikeammin kelkkaa, ja isompien polyuretaanirenkaiden on ajateltu puristavan kulmaprofiili laserleikattua levyä vasten. Oikean puolen renkaat ovat säädettävissä epäkeskoakseleilla. Myös tähän kelkkaan on mahdollista integroida apuvälineitä ja työstövälineitä.



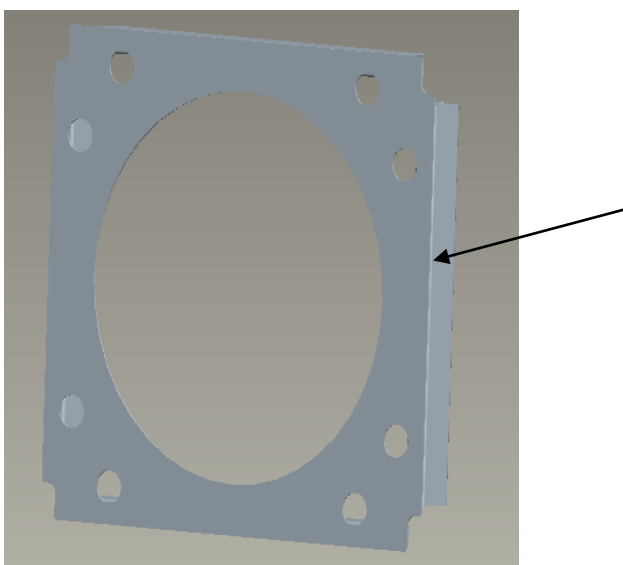
**Kuva 23. Modifioitu perusjigi**



**Kuva 24. Jigi 7, kelkka**

#### 5.1.8 Laipion jigi, vaihtoehto 1 (kuva 26,27)

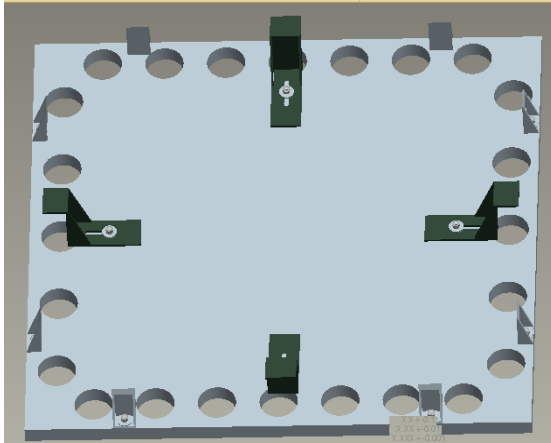
Laipion jigin tulee kokoonpanovaiheessa pitää irtonaiset osat tarkasti paikoillaan koko kokoonpanon ajan. Olennaista on, että U-profiilien reunat ovat levyn reunan kanssa samalla tasolla (kuva 24). Samoin U-profiilien tulee pysyä paikoillaan, kunnes työstö ja niittaus on suoritettu.



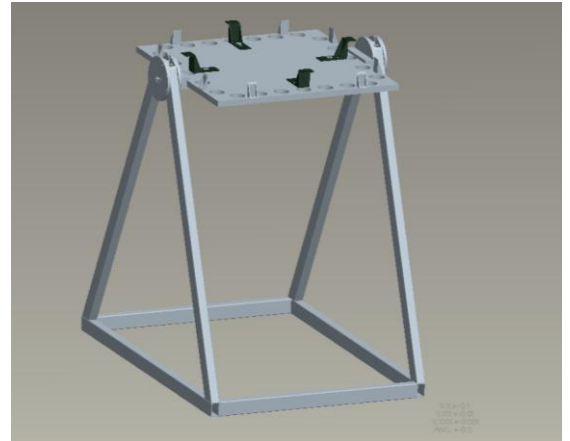
**Kuva 25. Laipio. U-profiilin ja levyn reuna**

Periaatekuvassa näkyvien reikien on ajateltu mahdollistavan työstämisen jigin alapuolelta. Kun tämä levy kiinnitetään laakeroinnilla jalkoihin (kuva 18), saadaan aikaiseksi käännettävä jigi. Tällöin ei tarvitse työstää alhaalta ylöspäin. Pyörähdyksen estäminen on ajateltu tehtävän jalan läpi menevillä sokilla.





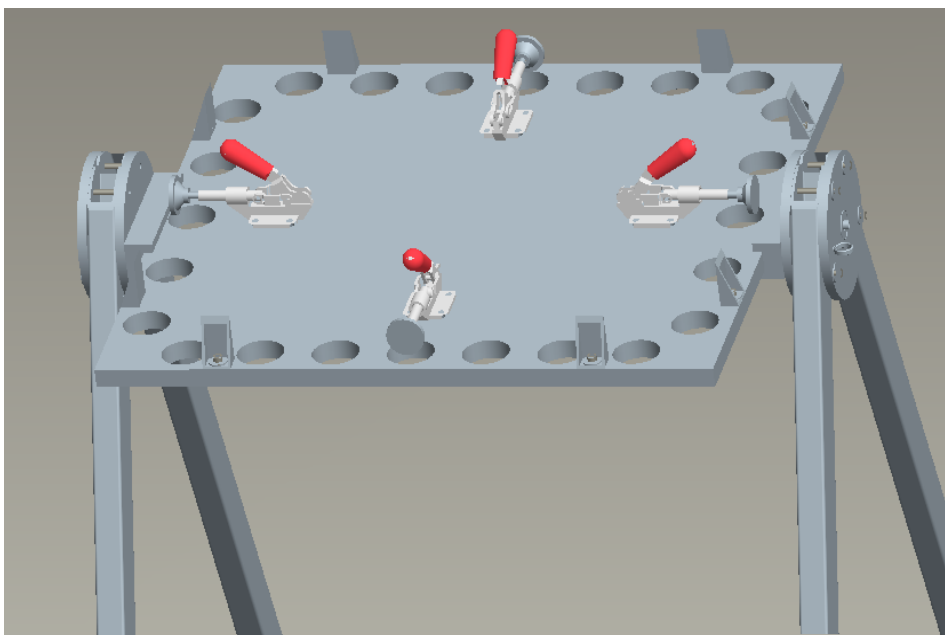
**Kuva 26. Periaatekuva laipion jigistä**



**Kuva 27. Laipion kokoonpanojigi**

### 5.1.9 Laipion jigi, vaihtoehto 2 (kuva 28)

Tämä on muuten samanlainen kuin edellinen, mutta on vaihdettu destaco-tyyppisetkiinnittimet.



**Kuva 28. Laipion jigi 2**

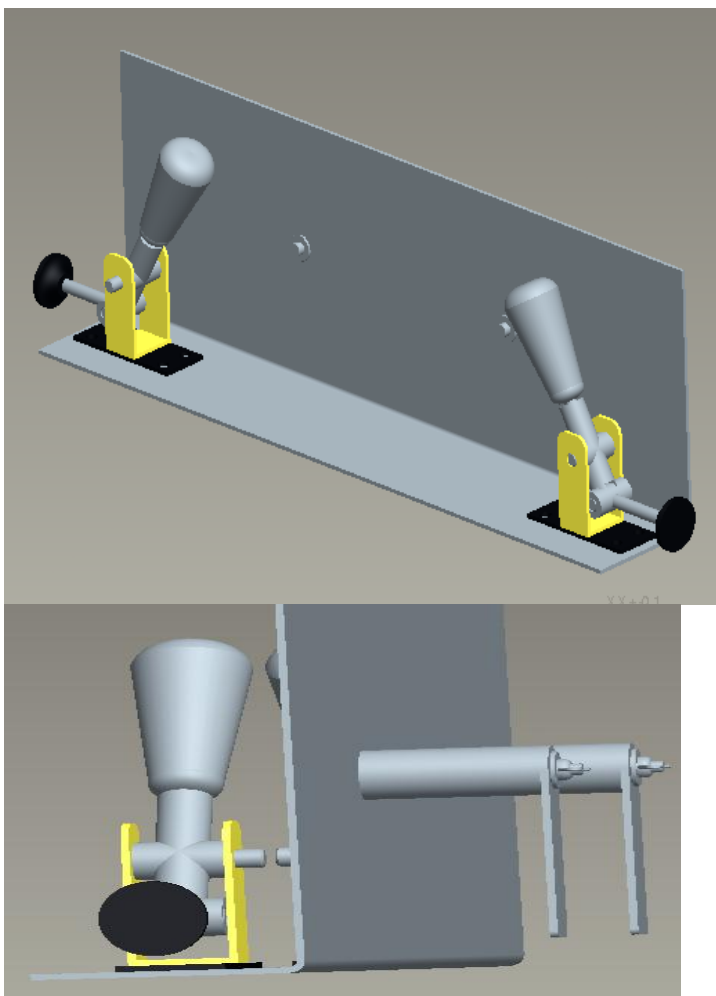
## 5.2 Kiinnittimet, vaihtoehdot

Tässä kappaleessa käsitellään kiinnitintä, jota käytetään apuvälineenä laipion kiinnittämisessä palkin kokoonpanon pohjaan.

### 5.2.1 Kiinnitin, vaihtoehto 1 (kuva 29)

Jotta laippa tulisi täysin oikein asemoitua oikeaan asentoon, tarvitaan kiinnitin pitämään laippa paikallaan porauksen ja niittauksen ajaksi. Laippa on kiinnitettävä kohtisuoraan sekä pohjaa, että kylkeä vasten. Tässä kiinnittimessä on ajateltu

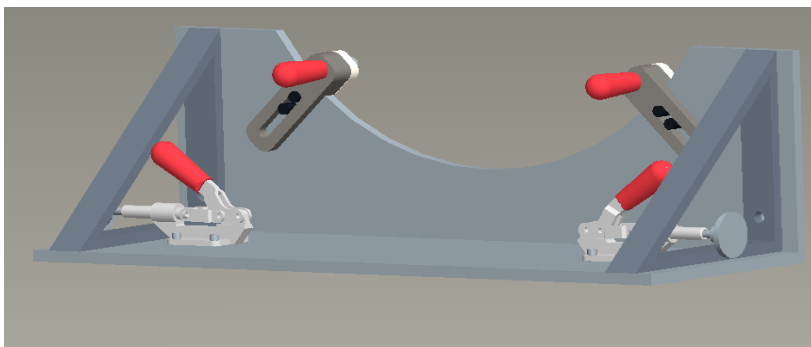
destaco-tyyppisten kiinnittimien olevan kiinni 90°:een kulmaan taivutetussa levyssä. Levyyn tulevat tapit laitetaan niin, että laipion levyssä olevan ison reiän reunat tukevat kiinnitintä. Tappien päihin laitetaan levyt, jotka kiinnitetään ruuveilla. Kun ruuvit kiristetään pysyy laipio kiinni kiinnittimessä. Kun laipio on asemoitu paikoilleen, kiinnitetään kiinnitin destacoilla kulmaprofiileihin.



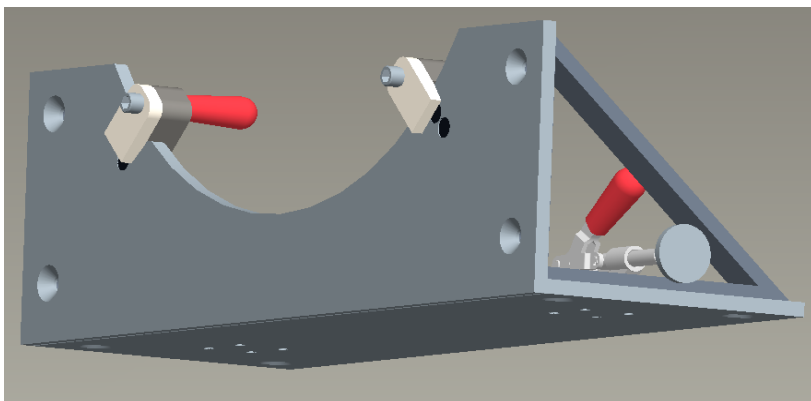
**Kuva 29. Laipion kiinnitin (periaatekuva)**

### 5.2.2 Kiinnitin, vaihtoehto 2 (kuvat 30, 31)

Tämä on idealtaan samantyyppinen kuin edellinenkin. Tässä versiossa taivutettu levy on korvattu kahdella 10mm paksulla alumiinilevyllä, jotka liitetään yhteen kolmion muotoisten osien avulla. Tällä tavoin koottu kiinnitin on huomattavasti tarkempi, kuin taivutettu levy. Puristavia kiinnittimiä on varmasti kaupallisina, mutta tähän versioon olen mallintanut haarukan, joka puristaa laipion levyn tätä kiinnitintä vasten. Samoin kuin edellinenkin versio, laitetaan tämä kiinnitin pohjaa vasten kokoonpanon sisäpuolelle, jonka jälkeen se kiinnitetään destaco-tyyppisillä kiinnittimillä kulmaprofiileihin. Haarukka pitää laipion pystysuorassa työstön ajan.



**Kuva 30. Kiinnitin 2**



**Kuva 31. Kiinnitin 2**

### 5.3 Puristin

Puristin tarvitaan puristamaan pohjan ja kannen kulmaprofiili ja leikattu levy yhteen, koska levyn laserleikattu reuna määrää palkin suoruuden x- ja z-suunnissa. Puristimeksi sopii tavallinen puutöistäkin tuttu pitkä puristin, mutta paremman lopputuloksen saa valmistamalla varta vasten tätä varten suunnitellut puristimet, tai mikäli mahdollista integroimalla puristin jigiin. Puristuksen voi tällöin myös toteuttaa pneumaattisesti.

### 5.4 Nostimet, vaihtoehdot

Kaikki varsinaiset nostot on ajateltu suoritettaviksi hallinosturilla. Seuraavassa on vaihtoehtoja palkin kiinnittämiseen nostokoukkuun.

#### 5.4.1 Päätylevy

Nostimeksi soveltuu päätyihin asennettava levy, kun se on kiinnitetty ruuveilla kulmaprofiileihin.

#### 5.4.2 Nostoliina

Nostoliina soveltuu myös palkin nostamiseen. Liinaa käytettäessä kannattaa kiinnittää huomiota painopisteeseen ja siihen, ettei liina pääse luistamaan painopisteen muuttuessa. Liinoille ei ole mahdollista tehdä palkkiin erityistä nostopaikkaa.

#### 5.4.3 Nostotyökalu

On myös mahdollista suunnitella erillinen työkalu, joka esimerkiksi puristetaan pohjan tai pohjan ja kannen kulmaprofiileihin. Tämä tulee kysymykseen varsinkin, jos ei käytetä johteen päädyn kokoista levyä, jossa on reiät johteen päissä olevien kierteiden kohdalla, sekä paikka hallinosturin koukulle.

### 5.5 “Lusikka”

Lusikaksi nimetty apuväline tarvitaan asennettaessa kantta paikoilleen. Lusikka asetetaan kylkilevyn päälle helpottamaan kannen asentamista paikalleen. Lusikkaa käytetään samalla tavoin kuin kenkälusikkaa. Tarvittaessa lusikalla voidaan vääntää kylkilevyä niin, että kannen kulmaprofiilin olake saadaan menemään sille tarkoitettuun uraan kylkilevyssä. Lusikka on tehty 50 x 2 mm jousiteräsnauhasta (martensiittista ruostumatonta terästä). Käyttömukavuuden lisäämiseksi lusikkaan voi tehdä kahvan.

## 6 KOKOONPANO

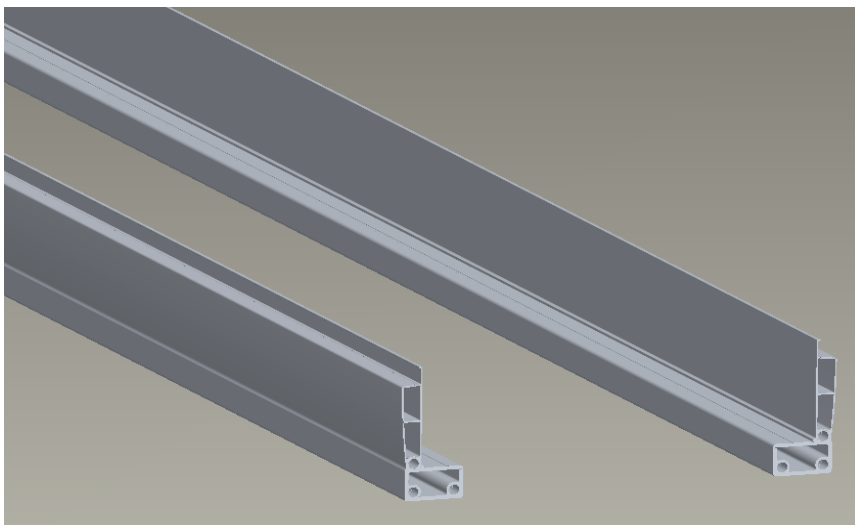
### 6.1 Alikokoonpanot

Seuraavassa on eritelty alikokoonpanot ja asiat joihin niissä pitää kiinnittää huomiota. Erittäin tärkeää on huomioida, että porauksen jälkeen lastut on puhdistettava pois. Lastuja ei saa missään nimessä jäädä liitospintojen väliin. Milloin puhdistaminen ei ole mahdollista, pitää lastujen meneminen liitostan väliin estää esimerkiksi puristamalla kappaleet tiiviisti yhteen. Kappaleiden pituussuuntainen tasaus ja tarkka asemointi on ajateltu tehtävän jigeillä.

#### 6.1.1 Pohjan ja kannen alikokoonpano

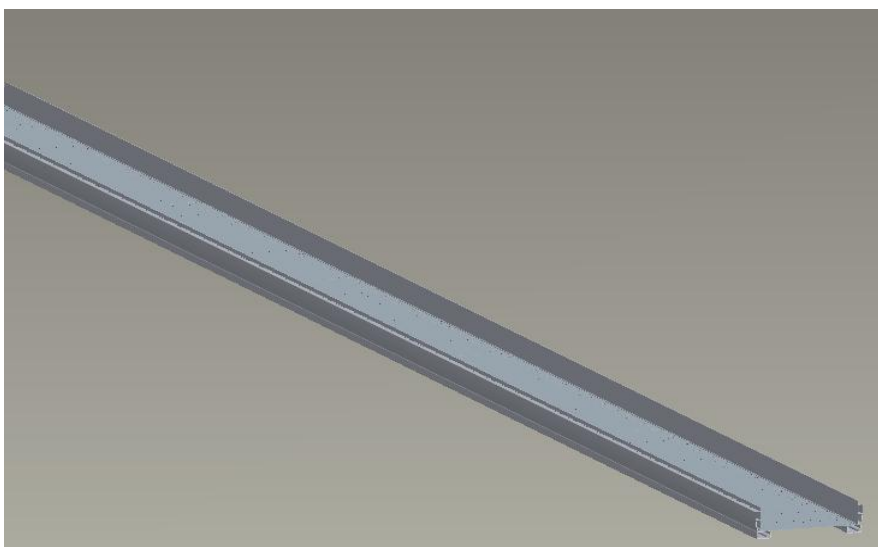
Kuten aikaisemmin tuli todettua, pohja ja kansi ovat identtiset. Ennenkuin kulmien pursotetut alumiiniprofiilit ja laserleikattu levy kiinnitetään jigeille varmistetaan, ettei liitospintojen väliin jää epäpuhtauksia (lastuja ym.). Liitospintojen puhtaus pitää varmistaa siksi, etteivät palkkia käytettäessä rasitukset vähitellen heikennä liitoksen kestävyyttä. Tämän jälkeen porataan reiät niittejä varten. Olemassa olevassa konstruktiossa käytettiin Avdelin valmistamia Monobolt 2774-niittejä, joiden asentamiseen tarvittavat tiedot ovat kuvassa1.

Ensin jigiin asetetaan pursotetut kulmaprofiilit (kuva 32).



**Kuva 32. Kulmaprofiilit**

Varmistetaan liitoksen puhtaus ja asetetaan laserleikatut levyt. Samoin tarkistetaan, että kulmaprofiilien ja levyn päät ovat tasan. Palkin pituus määräytyy asiakaskohtaisesti. Jos palkin pituus ei mene täysimittaisten levyjen kanssa tasan, laitetaan täysimittaista (2480mm) lyhyemmät levyt päätyihin. Puristetaan kulmaprofiilit levyn reunaa vasten. Levyn reuna on määräävä johteen suoruuden kannalta, siksi pursotetut kulmaprofiilit on saatava suoristumaan levyn reunaa vasten. Varmistetaan, ettei puristeta liikaa eli levy ei saa nousta kaarelle. Levyissä on valmiina reiät poraamisen paikoittamisen helpottamiseksi.



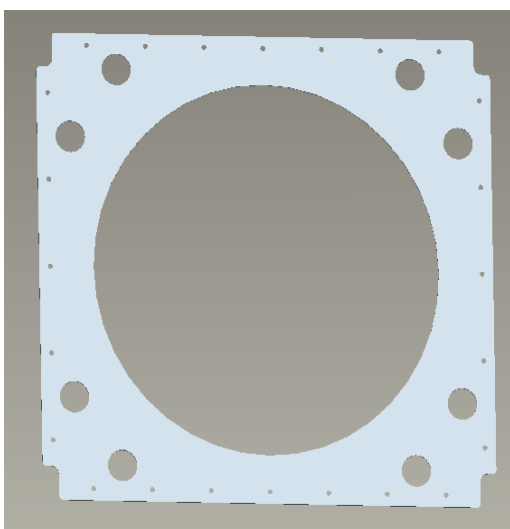
**Kuva 33. Kulmaprofiilit ja levyt**



Porataan niittien reiät ja puhdistetaan lastut pois. Niitataan levyt kulmaprofiiliin kiinni. Saumakohdissa pitää huomioida, että levyjen päiden on oltava mahdollisimman hyvin yhdessä.

#### 6.1.2 Laipion alikokoonpano

Laipion kokoonpanossa asetetaan jigiiin ensin sivulevy. Tarkistetaan, ettei levyn pinnalla ole epäpuhtauksia.

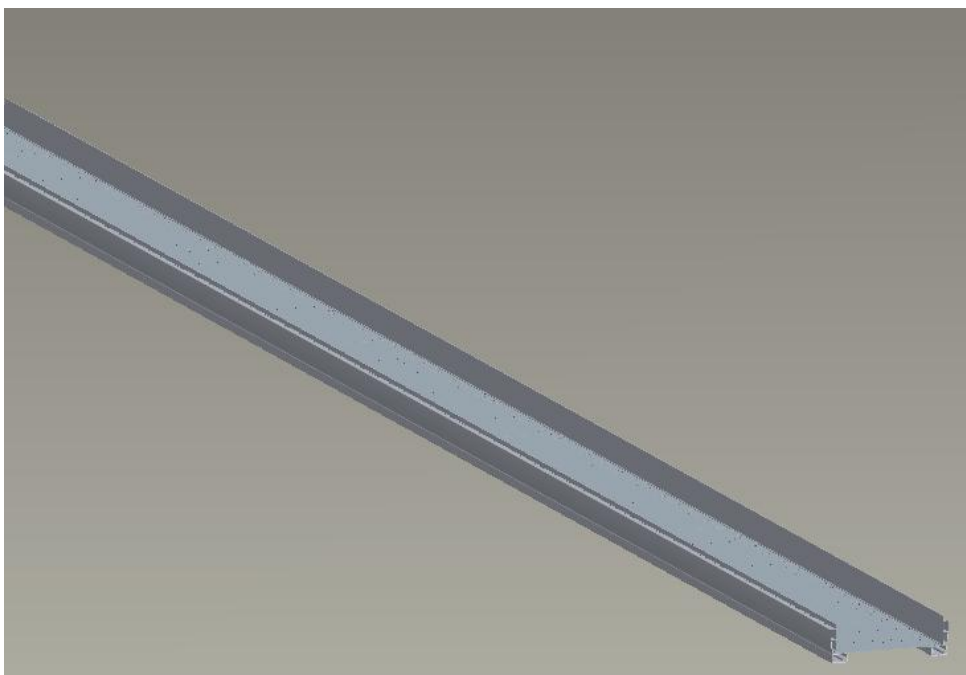


**Kuva 34. Laipion sivulevy**

Seuraavaksi asetetaan levyn päälle U-profiilit. Tarkistetaan, ettei epäpuhtauksia ole U-profiilien pinnoilla. Puristetaan U-profiilit levyä vasten, tarkistetaan että reunat ovat tasan ja kiristetään. Porataan niittien reiät ja niitataan.

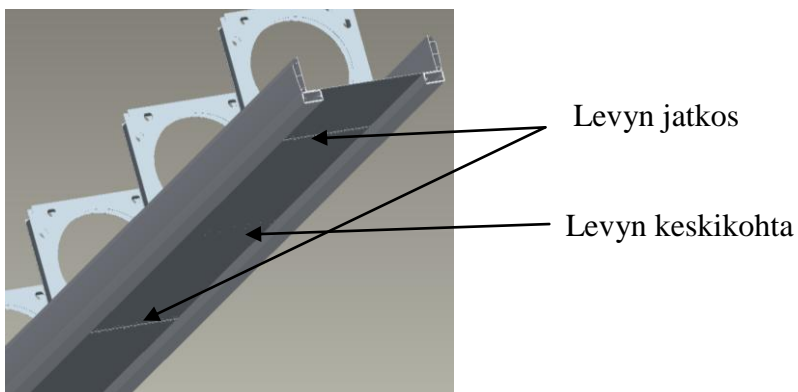
## 6.2 Palkin kokoonpano

Jälleen kerran tärkein asia huomiotavaksi on, ettei työstämisestä syntyviä lastuja saa jäädä liitospintojen väliin.



**Kuva 35. Kokoonpantu pohja**

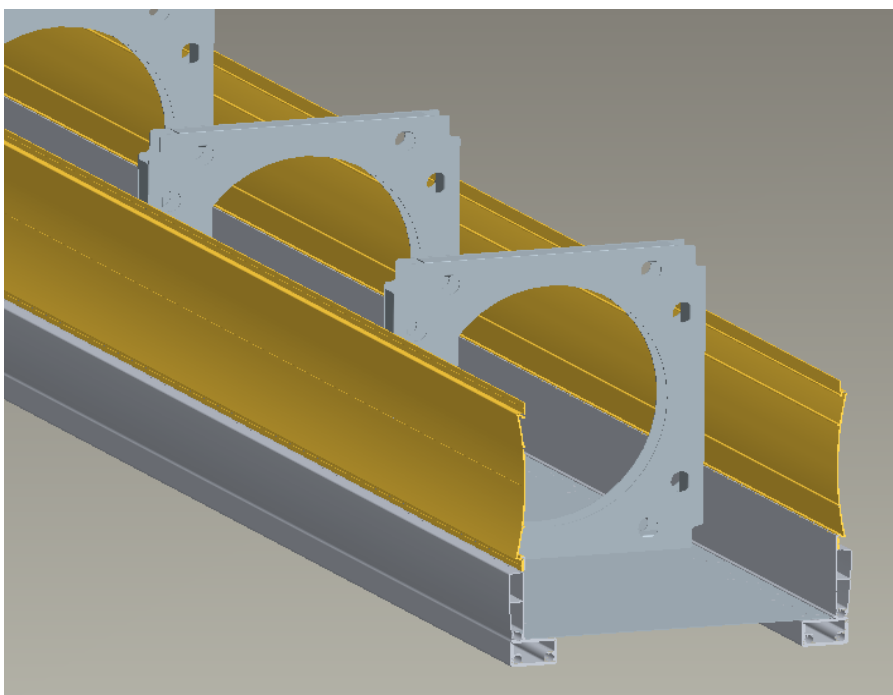
Tämän jälkeen liitetään laipiot pohjaan. Varmistetaan laipioiden asemointi ja tuenta työstön ja niittauksen ajaksi. Laipio kiinnitetään pohjaan tässä vaiheessa sisäpuolelta neljällä niitillä, kaksi pohjaan ja yksi kumpaankin kulmaprofiiliin. Laipiot tulevat aina pohjan levyjen jatkoskohtiin sekä täysimittaisten levyjen keskelle.



**Kuva 36. Laipioiden asemointi.**

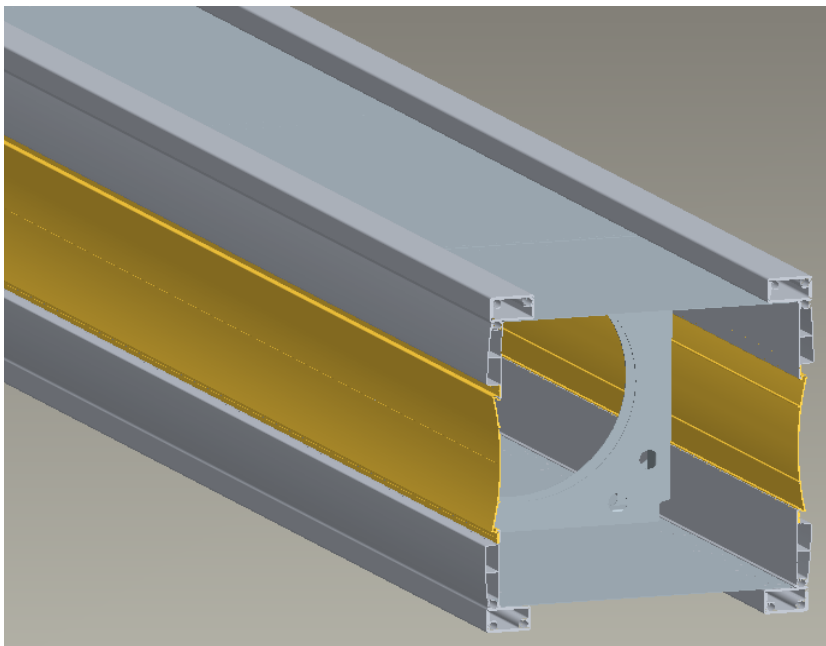
Käytetään apuvälineenä laipion kiinnitintä, jolla saadaan tuettua laipio suoraan kulmaan pohjaa vasten. Porataan niitinreiät, puhdistetaan lastut pois ja niitataan.

Seuraavaksi asennetaan kylkilevyt kiinni pohjaan. Jälleen kerran pitää huomioida osien päiden pituussuuntainen tasaus. Puristetaan kylkilevyn ura kulmaprofiilin olakkeeseen ja myös niin, että niittien reikiä poratessa ei lastuja pääse liitoksen väliin. Porataan reiät ja niitataan.



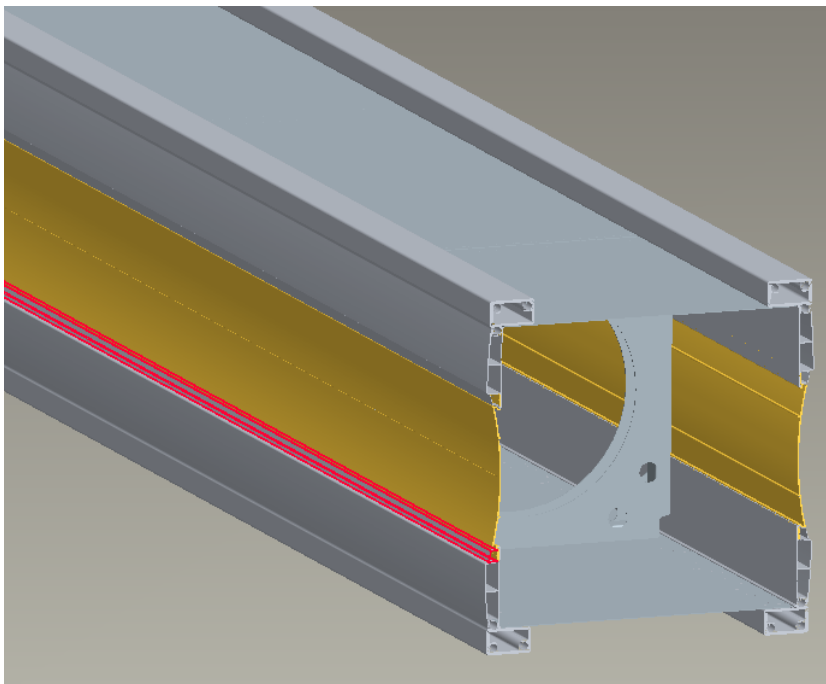
**Kuva 37. Laipiot asemoituna ja kylkilevyt kiinnitettynä pohjaan**

Asetetaan kokoonpantu kansi päälle. Tarkistetaan osien päiden tasaus. Käytetään ”lusikkaa” apuvälineenä sovitettaessa kantta paikoilleen. ”Lusikalla” voidaan tarvittaessa vääntää kylkilevyjä niin, että kansi putoaa kylkilevyjen olakkeen taakse. Puristetaan kylkilevy kantta vasten riittävän tiiviisti, jotta lastuja ei pääsisi liitoksen väliin. Porataan reiät ja niitataan.



**Kuva 38. Lähes valmis kokoonpano**

Tämän jälkeen sovitetaan niittisaumojen peitelistat paikoilleen ja asennetaan ne. Periaatteessa peitelistojen pitäisi mennä painamalla paikoilleen, mutta käytännössä paikoilleen menoa pitää auttaa vasaroimalla. Varotaan aiheuttamasta jälkiä peitelistaan. Siksi peitelistan päällä täytyy pitää esim. muovista tehtyä kappaletta vasaroitaessa.



**Kuva 39. Niittien peitelistat. Yksi listoista kuvassa punaisella korostettuna**

## 7 TYÖAIKA JA KUSTANNUKSET

### 7.1 Työaika

Työaikaa arvioitaessa ei ole otettu huomioon esivalmisteluja, kuten mahdollista asemointia ja kiinnitystä. Myöskään terän vaihtoja ym. ei ole otettu huomioon. Kokonaistyoajan tavoite on 1 palkki / päivä. Kokoonpanon on ajateltu tekevän yksi henkilö, jolla on tarvittaessa apunaan toinen henkilö avustamassa esim. nostoja ja kääntöjä.

#### 7.1.1 Käsin porattaessa

Käsin porattaessa karkea arvio on, että työstöaika on 6 reikää / minuutti. Palkin pituudesta riippuu, montako reikää on porattava. Keskimäärin reikiä on 1500-2000 kpl palkkia kohden. Näin ollen aikaa kuluu 4-6 tuntia. On arvioitu, että tehokas työskentelyaika työpäivää kohden on noin 5 tuntia. Lisäksi on vain inhimillistä, että työpäivän loppua kohden tarkkuus ja työtahti heikkenee.

#### 7.1.2 Koneellisesti porattaessa

Koneellisesti porattaessa työstöaika on noin 8 reikää /minuutti. Näin ollen aikaa kuluu noin 3-4 tuntia. Valmisteluihin pitänee varata aikaa kaikkiaan noin tunti.

### 7.1.3 Käsiniitattaessa

Käsiniitattaessa, koskien vain niittausta eikä siihen liittyviä esivalmisteluja, työtahti on noin 12 niittiä minuutissa. Tällöin kokonaisajaksi pelkän niittauksen osalta muodostuisi kahdesta kolmeen tuntiin.

### 7.1.4 Koneellisesti avustetusti niitattaessa

Koneellisesti avustetusti tai automatisoidusti niitattaessa on mahdollista päästä 45:een niittaukseen minuutissa. Tällöin niittaukseen kuluu aikaa 30-45 minuuttia.

### 7.1.5 Yhteenveto työajoista

TYÖAJAT tunteina

Käsin	min.	max.	Koneellisesti	min.	max.
Poraus	4	6	Poraus	3	4
Niittaus	2	3	Niittaus	0.5	0.75
<b>Yhteensä</b>	<b>6</b>	<b>9</b>		<b>3.5</b>	<b>4.75</b>
				(3h 30min)	(4h 45min)

### Taulukko 1. Työajat

## 7.2 Apuvälineiden ja työn aiheuttamat välittömät kustannukset

Lopulliset kustannukset riippuvat siitä, mitä vaihtoehtoja jigeissä, puristimissa ja kiinnittimissä käytetään. Seuraavassa on esitelty kustannukset jotka suoraan liittyvät kokoonpanoon. Koska vaihtoehtoja on paljon ja esimerkiksi jigien lopullinen muoto on avoin, niistä on esitetty keskimääräinen arvio. Tilantarvetta ja muita välillisiä kuluja ei ole otettu huomioon.

### 7.2.1 Palkinjigit

Palkin jigien määrä riippuu asiakkaan tarvitsemasta palkin pituudesta. Tosin maksimipituuteen on varauduttava, joten tarvitaan vähintään 6 kappaletta jigejä.

### 7.2.2 Yksinkertainen versio

Yksinkertaisessa versiossa ei ole mitään lisäosia. Tällöin jigin hinnaksi tulee materiaalin hinta lisättynä valmistuksen kustannuksilla. Yhden jigin hinta-arvio on noin 1000 €, eli kokonaishinta tulisi olemaan n. 6000 €.

### 7.2.3 Pneumaattisesti avustettu

Pneumaattisesti avustetussa jigissä materiaalin ja valmistuksen kustannusten lisäksi tulee mm. pneumaattisen sylinterin hinta. Sylinteri noin 100 € ja käsiventtiili 60 €. Kokonaissumma pneumatiikan osalta olisi noin 700 € ja kokonaisuudessaan noin 7000€.

### 7.2.4 Puristimet, kaupallisetversiot

Jos jigiin ei ole integroitu puristinta, puristimien määrä moninkertaistuu. Motonetistä ostettuna liimapuristin 100x800mm maksaa 13,50 € tai 120x1200mm 14,90 €. (Helmikuu 2011)

### 7.2.5 Puristimet, itsevalmistetut

Itsevalmistetuissa puristimissa kustannukset koostuvat materiaalin hinnasta ja valmistuksesta. Jälleen kerran on todettava, että nämä kustannukset riippuvat pelkästään valmistajan tekemistä valinnoista. Eli millainen puristin tehdäänkin, materiaalin hinta lisättynä työn kustannuksilla

### 7.2.6 Laipionkiinnitin

Laipion kiinnitin 2 maksaa noin 440 €. Hinta-arviossa on otettu huomioon 10 mm paksusta levystä valmistetut osat sekä destaco-kiinnittimet.

### 7.2.7 Lusikka

Käytetään 500 mm:ä jousiteräsnauhaa, 50 mm leveää ja 2 mm paksua, maksaa noin 3,50 €.

### 7.2.8 Työaika

Koko kokoonpanoon käytettävä työaika on laskettu vain karkeana arviona. Kokemuksen kertyessä työaikatavoite on 10 tuntia. Palkille on näin ollen arvioitu työkustannukseksi 300 € jos välittömät työkustannukset ovat 30€ tuntia kohden.



## 8 TYÖN TULOKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Tämän opinnäytetyön tuloksena on seitsemän vaihtoehtoista ideaa palkin kokoonpanojigille, kaksi vaihtoehtoista ideaa laipion kokoonpanojigille, kaksi vaihtoehtoista ideaa työkalulle laipion kiinnittämistä varten, palkin kokoonpanon suorituksen ohjeet sekä tarkasteltiin työaikoja sekä kustannuksia.

Kaikissa jigi vaihtoehtoissa on yksityiskohtia, jotka ovat toteuttamisen arvoisia, mutta kokonaisuutena valinta päättyi palkin kokoonpanojigin vaihtoehtoon 6. Tästä vaihtoehdosta tehdään työpiirustukset ja se myös valmistetaan.

Aikaisempaa vertailukohtaa kokoonpanon suorituksen ohjeille ei ole, joten nämä ohjeet muokkautuivat olemassa olevan konstruktion kokoonpanneiden henkilöiden kokemusten ja ohjeiden laatimisen aikana tehtyjen muutosten perusteella.

Opinnäytetyön tilaajan, Cimcorp Oy, puolelta tärkeimmät osa-alueet tässä työssä olivat nimenomaan palkin kokoonpanojigi sekä kokoonpanon suorituksen ohjeet.

Tätä opinnäytetyötä tullaan käyttämään apuna ja ohjeistuksena, kun alumiinista palkkia valmistetaan sarjatuotantona.

Kiitokset Cimcorp Oy:n, Juhani Salmiselle, Taisto Fetulalle, Simo Harkilalle ja erityisesti Jouko Penttilälle, joka auttoi merkittävästi taustatietojen hankkimisessa ja ideoinnin kehittämisessä.

## LÄHTEET

/1/ Robotiikan kurssimateriaali (Timo Suvela)

/2/ <http://fi.wikipedia.org/wiki/Niuttaus>